

На правах рукописи

ВДОВИНА ОЛЬГА КОНСТАНТИНОВНА

**ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ
ОПАСНОСТИ ВЫСОКОГОРНОГО РЕКРЕАЦИОННОГО
КОМПЛЕКСА МАМИСОН
НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ**

Специальность 25.00.36 – геоэкология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2009

Работа выполнена в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ФГУП «ИМГРЭ»)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Волков Сергей Николаевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор **Федорчук Виктор Парфентьевич**

доктор геолого-минералогических наук
Быховский Лев Залманович

Ведущая организация: Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова. Кафедра инженерной
и экологической геологии

Защита состоится 23 января 2009 в 11⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 216.005.01 во Всероссийском научно-исследовательском институте минерального сырья им. М.Н. Федоровского (ФГУП «ВИМС»), адрес: 119017, г.Москва, Старомонетный пер., д.31; факс: (495) 951-50-43, e-mail: vims@df.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ВИМС»

Автореферат разослан

декабря 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Шурига Т.Н.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время возрастает тенденция освоения высокогорных территорий в качестве рекреационных. Однако полноценное освоение подобных территорий требует соблюдения определенных условий. К таковым относится отсутствие повышенного фона токсичных веществ (А.В. Скибицкий, В.И. Скибицкая, 2008).

На первый взгляд кажется, что горные районы Северного Кавказа удовлетворяют подобным требованиям. Но проведенные исследования показали, что в ряде мест, предусмотренных для курортного освоения, имеется многократное превышение фоновых содержаний ряда элементов над кларковыми вследствие естественного обогащения территории тяжелыми металлами.

Рассмотрение геохимических особенностей этих территорий и роли лавинообразования в создании эколого-геохимической опасности сейчас совершенно необходимо еще и по причине глобального изменения климата и, прежде всего, увеличения количества и интенсивности атмосферных осадков, что напрямую связано с активизацией лавинной деятельности.

Цель работы. Оценить основные факторы, формирующие потенциальную эколого-геохимическую опасность высокогорных территорий на примере рекреационного комплекса Мамисон.

Задачи исследований:

- выявить основные факторы потенциальной эколого-геохимической опасности территории высокогорного рекреационного комплекса Мамисон;
- указать основной источник формирования эколого-геохимической опасности территории рекреационного комплекса Мамисон;
- изучить роль лавин как источника загрязнения (обогащения) окружающей среды токсичными элементами;
- установить причины накопления токсичных элементов в отложениях лавин;
- разработать методические рекомендации для оценки потенциальной токсичности осваиваемых высокогорных территорий Северного Кавказа.

Объекты исследований. Объектами исследований являлись коренные породы, почвы, донные отложения и снег лавин.

Важным компонентом высокогорья являются коренные породы. При повышенных концентрациях токсичных элементов в коренных породах создаются условия для их быстрого накопления в рыхлообломочных и лавинных отложениях. Лавины в данной работе рассматриваются как миграционная система, способная концентрировать тяжелые металлы, чему способствует резкое уменьшение скорости транспортирующего потока при естественной остановке лавины. В процессе движения лавины осуществляется транспортирование захваченного ею материала, обогащенного токсичными элементами в зоне транзита и переотложенного в зоне разгрузки.

Фактический материал. Положенный в основу работы материал разделен на 2 блока. Первый представляет собой результаты, полученные в процессе опережающих геохимических работ (ОГХР-50), 1995. Общий объем около 1000 проб, в том числе коренных пород (n=241), почв (n=454), донных отложений (n=259). Второй блок включает результаты, проведенных автором исследований в рамках проектов, выполненных по заказу Министерства строительства и архитектуры, Министерства транспорта и дорожного строительства, Комитета по туризму и курортному делу РСО-Алании в 2006-2008 гг. Автор – ответственный исполнитель работ, разработчик методики исследований. Объем опробования около 70 комплексных, крупнообъемных проб. Пробы анализировались лабораториями Бронницкой геолого-геохимической экспедиции, а также спектральной и гидрохимической лабораториями ИМГРЭ.

Панорамный обзор элементного состава проб коренных пород, почв и донных отложений выполнен эмиссионным спектральным полуколичественным методом (ПСКА) на 40 элементов. Пробы твердых составляющих снега и подстилающих лавинные конуса выноса донных отложений специально анализировались на основные элементы-загрязнители (Pb, Zn, Co, Ni, Mn, Cu, As, Cd, Hg) количественными методами (рентгено-спектральное флуоресцентное определение, атомно-абсорбционное непланное определение ртути методом «холодного пара»). Данные по определению Pb, Zn, Co, Ni, Mn, Cu получены по инструкции НСАМ №451-РС, Cd – по №347-ХС, As – по №363- РС. Жидкие составляющие проб снега направлялись на химический общесолевой анализ снеговой воды на 9 компонентов по ГОСТу 2874-82, азотсодержащие вещества анализировались по ГОСТ 4192-82.

Метрологическая оценка качества лабораторных исследований осуществлялась в соответствии с требованиями Ост 41-08-205-04, Ост 41-08-212-04, Ост 41-08-265-04, Ост 41-08-270-03.

Научная новизна. Впервые лавины представлены как экогеохимический фактор и рассматриваются как миграционная система, в результате воздействия которой на природную среду возможно увеличение концентраций токсичных элементов до величин, превышающих существующие нормативные показатели. Это существенно расширяет геоэкологическую значимость лавин.

Проведенная оценка и сопоставление потенциальной эколого-геохимической опасности основных компонентов природных ландшафтов рекреационного комплекса Мамисон позволяет указать основной источник обогащения токсичными элементами природной среды. Источником обогащения природной среды токсичными элементами в основном являются коренные породы, обогащенные тяжелыми металлами.

Разработанные методические рекомендации по проведению специального комплекса исследований осваиваемых высокогорных территорий по-

зволяют более достоверно проводить оценку их потенциальной эколого-геохимической опасности.

Практическая значимость работы. Обоснованность описанных механизмов обогащения природной среды токсичными элементами, связанная с деятельностью лавин, позволяет оптимизировать геоэкологические исследования при освоении высокогорных рекреационных территорий. Разработаны принципы и критерии районирования территории, благодаря чему возможны рекомендации по исключению использования участков повышенных концентраций токсичных элементов из планов проектирования рекреационного строительства и жизнеобеспечения курортов местными ресурсами (стройматериалов, воды, местной сельхозпродукцией и т.п.). Разработанные методические рекомендации по проведению исследований эколого-геохимической опасности рекреационного комплекса Мамисон применимы и к другим высокогорным рекреационным территориям, что весьма важно в связи с возрастанием интереса к экстремальным видам спорта и отдыха, интенсивным развитием экологического туризма, а также предстоящими зимними олимпийскими играми 2014 года.

Результаты работы вошли в научно-исследовательские отчеты, 2 из которых выполнены по заказу Министерства природных ресурсов РФ, а 4 - по заказу Министерств РСО-Алании.

Теоретическая значимость работы. Описанный феномен лавин позволяет осмыслить их не только как опасный геологический процесс механико-динамического характера, но и как сложное эколого-геохимическое явление, сочетающее в себе несколько видов миграции токсичных элементов, что имеет большое значение, поскольку это явление широко распространено в высокогорье и требует к себе более пристального внимания и изучения.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на совещаниях и конференциях, в том числе: Межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы курортного сервиса юга России» (Сочи, 2005); Всероссийской конференции по селям (Нальчик, 2005); Межрегиональной научно-практической конференции «Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий» (Пермь, 2005); Международных научно-практических конференциях «Экологические проблемы промышленных регионов» (Екатеринбург, 2003, 2004, 2006); Международном совещании «Геохимия биосферы» (Новороссийск, 2008); Международной конференции «Технико-технологическое обеспечение геологоразведочных работ. Проблемы и перспективы», проводимой агентством РОСНЕДРА в рамках 5-й Международной выставки «Недра-2008» (Москва, 2008); 2-й Международной научной конференции «Геоэкологические проблемы современности» (Владимир, 2008); XXXIII Международном геологическом конгрессе (Осло, 2008).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, общим объемом 147 страниц, включая 34 иллюстрации, 37

таблиц, 9 текстовых приложений и список литературы, состоящий из 142 наименований.

Благодарности. Работа выполнена под руководством д.г.-м.н. С.Н. Волкова, которому автор выражает признательность за внимание, помощь и консультации. Автор искренне благодарит зам. директора по научной работе ИМГРЭ д.г.-м.н. А.А. Головина за доброжелательное отношение, постоянную поддержку и замечания. За методическую помощь, советы и ценные консультации автор благодарит сотрудников ИМГРЭ: д.г.н. В.Л. Познанина, д.г.-м.н. Б.А. Колотова, к.г.-м.н. Л.А. Криночкина, д.ф.-м.н. А.И. Иванова, д.г.-м.н., проф. В.В. Иванова, к.г.-м.н. С.Б. Самаева, д.т.н., проф. П.М. Хомякова, к.г.-м.н. М.Ю. Никитина, к.ф.-м.н. Ю.А. Сагайдачного, а также главного эколога НПО «НОЭКС», к.г.-м.н. Л.П. Грибанову.

Автор выражает благодарность своим ближайшим сподвижникам по работе С.В. Егоркину и И.К. Юсуповой, без помощи и поддержки которых была бы немыслима эта работа. Автор глубоко и искренне благодарит своих коллег из республики Северная Осетия за помощь в проведении полевых работ и предоставленные материалы. к.г.-м.н. М.З. Кайтукова, И.В. Галушкина и Р.А. Тавасиева. Искреннюю признательность автор выражает своему ближайшему соратнику Стулову Г.А. за помощь в отборе проб на самых труднодоступных лавиносборах и практические советы. Особую благодарность автор выражает своим ближайшим коллегам А.В. Тарасовой и Е.Н. Малининой за помощь в оформлении результатов работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ И ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

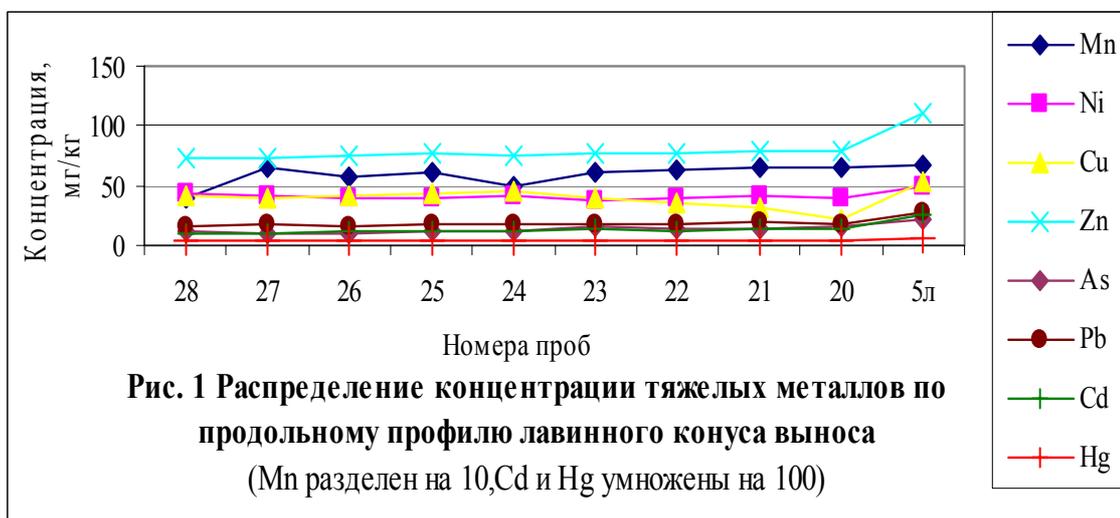
В **главе 1** приведен краткий обзор современного состояния проблемы. Вводятся основные понятия, уточняются термины в областях дисциплин, привлекаемых для решения поставленных задач. В **главе 2** изложена методика изучения факторов эколого-геохимической опасности, примененная для территории рекреационного комплекса Мамисон, которая включила комплекс полевых и аналитических исследований с описанием их методов, метрологического обеспечения и применяемых стандартов. В **главе 3** описываются ландшафтно-геохимические и геологические условия изучаемой территории. Выделены основные разновидности ландшафтов, в том числе типы почв, имеющие преимущественное распространение: горно-луговые неполноразвитые, горно-луговые альпийские и горно-луговые субальпийские глееватые почвы и даны их характеристики. Среди геологических образований изучались наиболее распространенные образования мезозоя, которые в основном обнажаются в пределах изучаемой территории и значимы при геоэкологической оценке территории: отложения циклаурской (Тск), казбекской (J₁ kz), гудушаурской (J₂gd), бусарчильской (J₂bs), техтинской (J₃th), мамисонской (K₁sb), тибской (K₁tb), згильской (K₁zg) свит. Тут же изложены металлогенические особенности территории. Важнейшей из них является наличие на территории законсервированного Тибского месторождения ртути и рудопроявлений Hg, Sb, As, которые вместе с другими

рудопроявлениями входят в состав Наро-Мамисонского рудного поля и относятся к ртутно-сурьмяно-мышьяковой рудной формации. Кроме того, описан геодинамический фон территории. В главе 4 анализируются эколого-геохимические, гидрогеохимические и статистические параметры отложений снежных лавин, на основании чего делается вывод о том, что лавины являются миграционной системой для токсичных элементов. В главе 5 приводятся и сопоставляются геохимические характеристики коренных пород, почв, донных и лавинных отложений. В результате выявляется основной источник природной эколого-геохимической опасности. В главе 6 излагаются и обосновываются методические рекомендации по проведению комплекса исследований для достоверной оценки эколого-геохимической опасности высокогорных территорий на примере рекреационного комплекса Мамисон.

Основные защищаемые положения

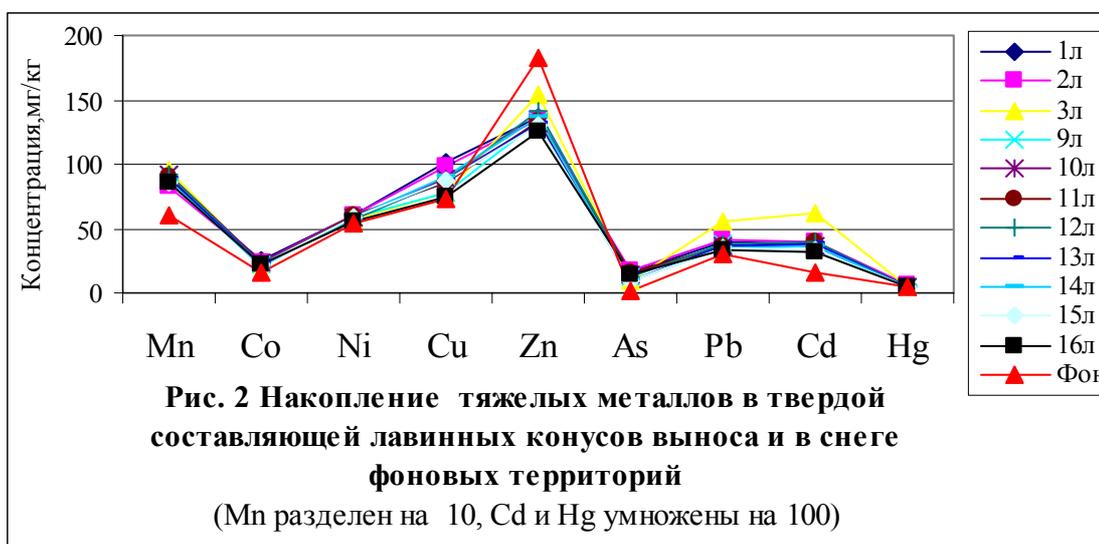
I. Снежные лавины являются миграционной системой, в результате функционирования которой в местах их разгрузки происходит увеличение содержания токсичных элементов до величин, превышающих существующие нормативные показатели.

Установлено, что концентрации изучаемых химических элементов увеличиваются вниз по профилю лавинных конусов выноса (ЛКВ), достигая максимума во фронтальных их частях (рис.1). Разброс концентраций велик, но тренд изменения концентраций выражен отчетливо.



Но этот факт подтверждает лишь механическую миграцию токсичных элементов, однако в этом случае во фронтальных частях ЛКВ преобладали бы химические элементы, входящие в состав минералов с наибольшим удельным весом такие, например, как ртуть. Она по данным минералогического анализа присутствует в виде киновари, но содержания ртути весьма равномерно распределены по всем профилям ЛКВ, коэффициент размаха для ртути колеблется от 0,25 до 0,45. Колебания его незначительны в

сравнении с коэффициентами других элементов. Кроме того, содержания большинства изучаемых тяжелых металлов в твердой составляющей конусов выноса лавин превышают их фоновые содержания в снеге (рис.2).

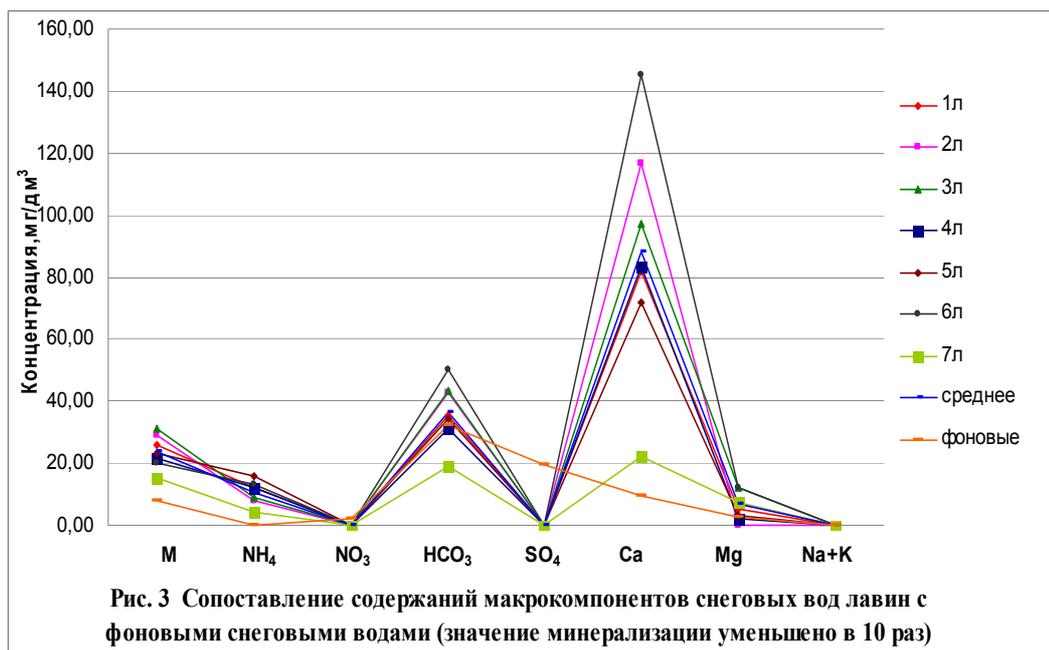


Чтоб объяснить этот факт, обратимся к кинематике лавинного режима. По данным Г.К. Тушинского (1949) скорости лавин достигают 100 м/с. В момент лавинного удара, давление которого достигает $565,5 \text{ т/м}^2$, происходит разогрев внутренних частей лавины. При таком давлении, которое действует менее 0,1 сек., снег переходит в жидкое и частично в газообразное состояние. Подобное преобразование агрегатного состояния снега при мощном адиабатическом сжатии воздуха рассмотрено при анализе причин Геналдонской гляциальной катастрофы 2002 года Познаниным В.Л., Геворкяном С.Г. (2007). Это уникальное явление объясняется свойствами снега, льда и воды т.к. они, существуя близко к тройной точке, могут испытывать любые фазовые переходы. Последовательные изменения агрегатных состояний вещества – одна из основных причин возникновения своеобразного геохимического барьера во фронтальных частях конусов выноса лавин, поскольку подвижность большинства тяжелых металлов, особенно при многократной смене агрегатного состояния вещества, увеличивается, что описано в литературе и подтверждается экспериментальными данными УрО РАН 2008 года для Cd, Zn, Pb, Cu.

Результаты опробования жидкой составляющей снега лавинных конусов выноса также говорят о тенденции трансформации и насыщения талых вод ЛКВ. Из сравнения гидрохимических показателей жидкой составляющей снега лавинных конусов, с фоновыми по Алании, следует, что в составе талых вод ЛКВ появляются нехарактерные для вод фоновых территорий катионы магния и аммония.

Минерализация снега ЛКВ колеблется от 0,15 до $0,31 \text{ г/дм}^3$, что в среднем в 3 раза выше, чем в снежном покрове фоновых территорий РСО-

Алании (рис.3). О трансформации талых вод свидетельствует также тенденция к увеличению минерализации по профилю схода лавин.

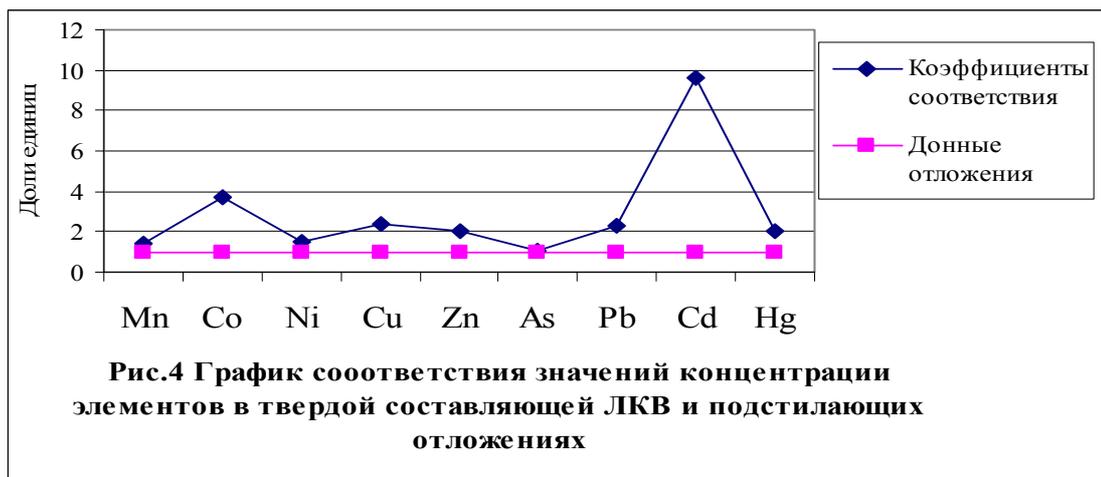


Талые фоновые воды (территория биосферного заповедника РСО-Алания) относятся к нейтрально-слабощелочным. В то время как талые воды лавин являются исключительно щелочными, что связано, с наличием таких щелочных агентов как аммонийный азот. В снеге лавин все азотистые соединения представлены аммонийной группой. Содержание аммония в талых снеговых водах лавин в 4-15 раз превышают фоновый уровень и достигают максимума в одной из самых гипсометрически низких точек опробования. В целом содержание NH_4^+ колеблется от $4,2 \text{ мг/дм}^3$ до $16,0 \text{ мг/дм}^3$. Его высокие концентрации говорят о наличии в снеге органических веществ.

В результате движения снежных лавин происходит очищение склонов от отмершей биомассы и её накопление в конусах выноса. Особенно это характерно для лавин, зона транзита которых лежит в пределах горно-лесных ландшафтов. Итак, лавины, зона транзита которых проходит по лесным массивам, несут загрязнение (обогащение) окружающей среды органическими веществами и аммиачными соединениями, которые концентрируются в конусах выноса в основной долине.

Все это - предпосылки для сезонного загрязнения водосборного бассейна и собственно конусов выноса лавин, которые и могут накапливать тяжелые металлы, в том числе, в виде металлоорганических соединений. Необходимо заметить, что конуса выноса – это участки наиболее интенсивного освоения горной местности, характеризующиеся высоким плодородием почв, вследствие их обогащения органическими веществами, микроэлементами и повышенной увлажненностью. Кроме того, в конусах выноса обычно сосредоточены значительные запасы подземных вод.

В твердой составляющей снега ЛКВ, при сопряженном опробовании с подстилающими донными отложениями, выявлено превышение концентраций большинства тяжелых металлов в снеге лавин по сравнению с подстилающими донными отложениями. Для их сопоставления были рассчитаны коэффициенты соответствия по всем изучаемым химическим элементам и вынесены на график (рис.4), анализируя который, видим, что концентрации всех изучаемых химических элементов, кроме мышьяка во фронтальных частях ЛКВ, превышают концентрации химических элементов в подстилающих донных отложениях.



Коэффициенты соответствия Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, рассчитанные по среднему содержанию, колеблются от 1,4 (Mn) до 9,6 (Cd). Особняком держится мышьяк. Его средние концентрации в отложениях конусов выноса лавин и донных отложениях почти одинаковы, что может быть связано с его усиленной сорбцией полуторными оксидами, присутствующими в значительном количестве в подстилающих донных отложениях. Сорбция же мышьяка органическим веществом, содержащемся в конусах выноса лавин, по данным Дж. Мура и С. Рамамути (1987), играет меньшую роль, нежели сорбция других металлов.

Для выявления функциональных связей химических элементов друг с другом в снеге и подстилающих донных отложениях и с одноименными химическими элементами сопредельных сред применялся метод корреляционного анализа. В результате расчетов получены высокие положительные значения коэффициентов парной корреляции между всеми изучаемыми элементами снега. Исключением является ртуть, у которой коэффициенты парной корреляции составляют 0,54-0,04, что говорит об иной ее природе и возможном ее переотложении из рудных объектов. Кадмий донных отложений менее тесно связан со всеми остальными элементами. Сила его связи 0,52-0,76. В то время как этот же параметр остальных элементов колеблется от 0,80 до 0,98. При сопоставлении этих же химических элементов в сопредельных средах выявлено, что поведение в них Cd несколь-

ко отлично, что позволило сделать предположение о том, что хотя бы часть кадмия является привнесенной.

Таким образом, при сравнении литогеохимических и гидрогеохимических характеристик конусов выноса лавин и подстилающих донных отложений можно сказать, что в результате миграции химических элементов по природным транспортным каналам, которыми являются лавины, в зоне конусов выноса лавин образуются локальные, а иногда и значительные концентрации тяжелых металлов. Наличие высоких концентраций тяжелых металлов во фронтальных частях ЛКВ при их незначительных количествах в подстилающих донных отложениях связано, вероятнее всего, с нахождением тяжелых металлов в основном в пелитовой фракции. Пелиты, истираясь вместе с аутигенным материалом, в процессе движения лавины превращаются в микропелиты и образуют устойчивые водные суспензии. Процессу концентрирования тяжелых металлов способствует процесс диспергирования захваченных частиц, происходящий при движении лавины. В результате этого процесса значительно увеличивается удельная взаимодействующая сорбирующая поверхность в системе: порода-талая вода-снег. Из вышесказанного следует, что *потоки талых вод конусов выноса лавин, попадая в основной водоток, могут стать источником его обогащения тяжелыми металлами и другими токсичными элементами.*

Описанные выше факты доказывают, что лавины представляют собой миграционную систему результатом работы которой является увеличение концентраций токсичных элементов в местах их разгрузки, что представляет собой специфический фактор эколого-геохимической опасности территории высокогорного рекреационного комплекса Мамисон.

II. При повышенных концентрациях в коренных породах токсичных элементов в высокогорье создаются условия для их интенсивного накопления в почвах, донных и лавинных отложениях, что является основным фактором эколого-геохимической опасности рекреационных территорий.

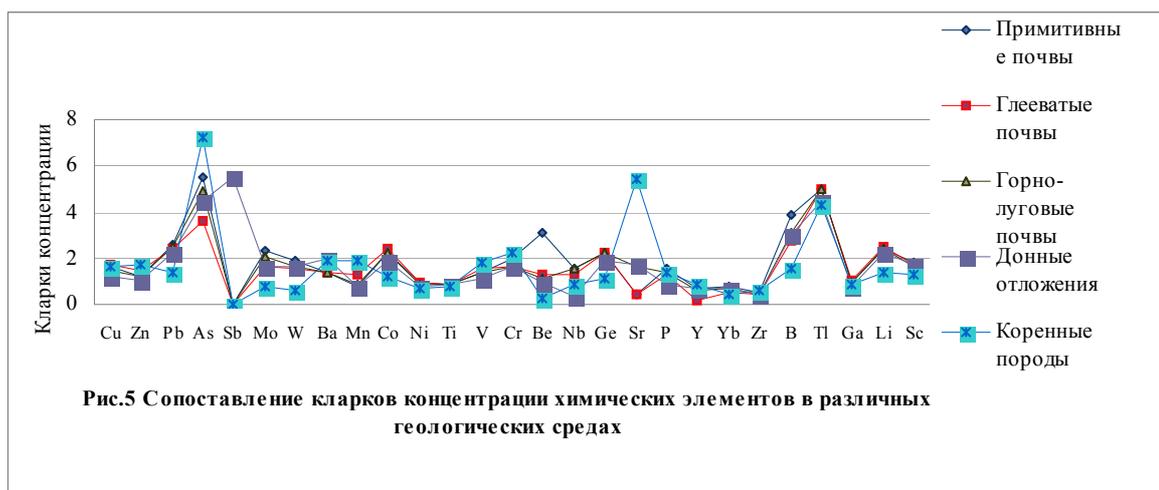
В процессе изучения коренных пород были выявлены некоторые общие их геохимические особенности, что позволило объединить их в следующие комплексы: триасовый вулканогенно-осадочный; юрский карбонатно-флишевый; меловой флишевый. Для пород триасового комплекса характерна повышенная обогащенность, по отношению к другим комплексам - $Zn_{1,9} As_{10,8} Mo_{1,2} W_{1,0} Ni_{0,7} V_{2,1} Cr_{2,8} P_{1,8} B_{1,8}$, для юрского – $Pb_{1,5} Mn_{2,0} Sr_{6,2} Y_{0,9} Yb_{0,5}$, для мелового – $Cu_{1,9} Ba_{2,9} Co_{1,7} Nb_{1,4} Ge_{1,3} Zr_{0,7} Ga_{0,9} Li_{1,4} Sc_{1,8}$. Уровни накопления химических элементов комплексов коренных пород были рассчитаны по формуле:

$$C_{\phi}/K, \text{ где} \quad (1)$$

C_{ϕ} – фоновое содержание химического элемента в определенном компоненте ландшафта; K – кларки соответствующих пород (Н.Д.М. Bowen, 1979).

При сопоставлении геохимических особенностей комплексов коренных пород выявлено, что для них характерны повышенные (больше 1,25) кларки-концентраций As, Cu, Zn, Pb, B, V, Cr, Li, Sr, Ba, Mn и пониженные (меньше 0,75) для Mo, W, Ti, Yb, Ni, Zr при околочларковых значениях Co, P, Ga, Ge, Nb и Y.

Оценка степени накопления токсичных элементов для выделенных типов почв и донных отложений проводилась по той же формуле (1), но К обозначал – кларки почв Мира. Уровни накопления для всех типов почв оказались превышены по следующим элементам: As, Cu, Zn, Pb, B, V, Cr, Li, Ba, P и понижены для Ti, Yb, Zr, Y, Sr (Sr - кроме горно-луговых), при околочларковых значениях Ga, Ge, Nb, Mn, Ni. В донных отложениях к элементам накопления добавляются Sb и Sr, а к элементам дефицита Nb. Затем эти графики сопоставлялись с трендом тех же элементов в коренных породах. Сравнивая величины кларков-концентраций Cu, As, Zn, Pb, Ba, Mn, B, Li (рис.5), видим очевидное подобие кривых в сопоставляемых компонентах геологической среды с преобладанием многих из них в коренных породах.



На графике вполне отчетливо выделяются типоморфные элементы местности.

Суммарное накопление химических элементов, уровень которых значительно превышает кларковый, определяет потенциальную эколого-геохимическую опасность ландшафтов. Она может быть охарактеризована показателем потенциальной экологической опасности (ПЭО) и рассчитывается по формуле:

$$\text{ПЭО} = \text{Кк} - (n-1), \text{ где} \quad (2)$$

Кк – коэффициент концентрации; n – число химических элементов с $K_c > 1$ ($K_c = C_f / K$). (Автором при расчете ПЭО, K_c был взят > 2 , ввиду требований к статусу рекреационных территорий (А.В. Скибицкий, В.И. Скибицкая, 2008); C_f – фоновое содержание химического элемента (1-3 классов опасности), K – кларки почв Мира.

Показатель ПЭО был предложен И.А. Морозовой и апробирован при региональных работах. При исследованиях локального уровня применяется впервые. При расчете ПЭО для коренных пород, брались К – кларки соответствующих пород (Н.Ж.М. Bowen, 1979), (таблица 1).

Таблица 1

Показатели потенциальной эколого-геохимической опасности для
изучаемых компонентов геологической среды

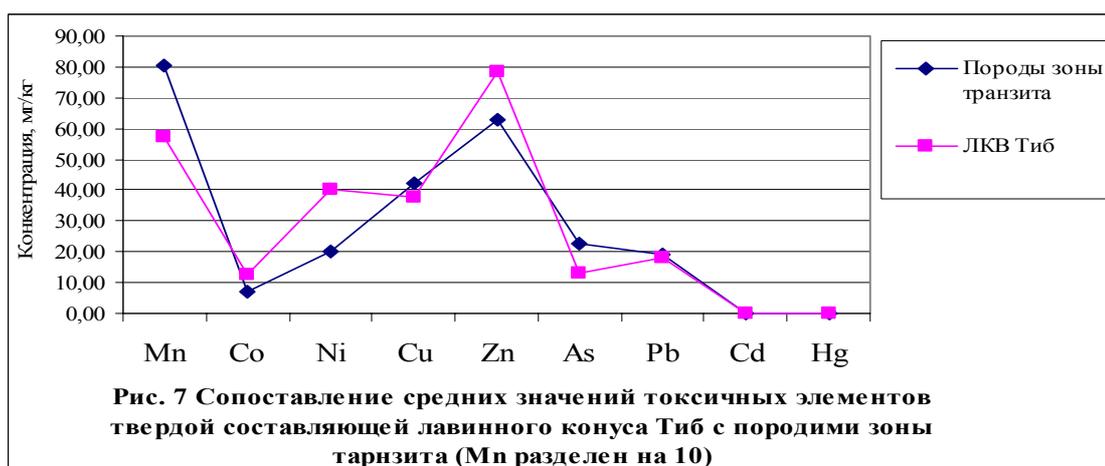
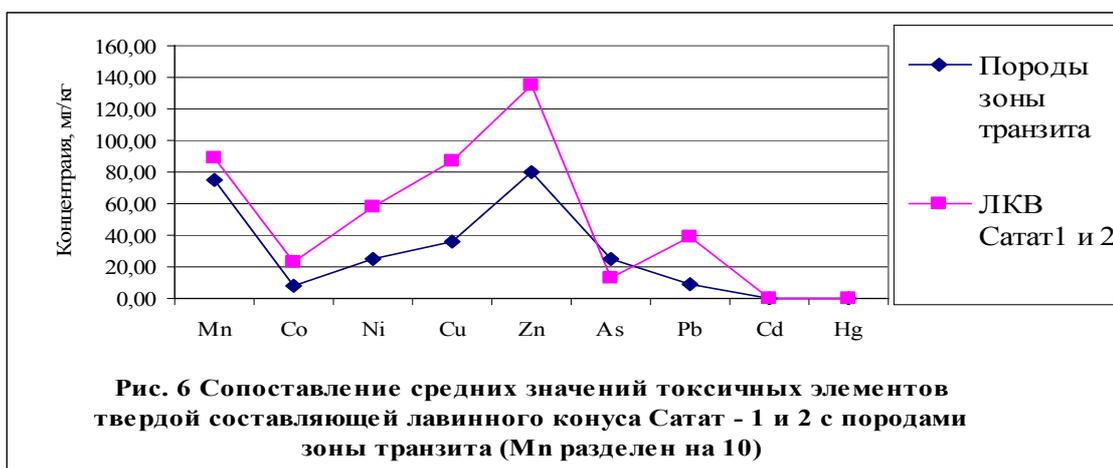
Компоненты геологической среды	Показатели ПЭО
Примитивные альпийские почвы	11,52
Глееватые альпийские почвы	7,26
Горно-луговые альпийские почвы	9,8
Донные отложения	11,17
Коренные породы (генеральная выборка)	11,93

Как следует из таблицы, показатель ПЭО территории рекреационного комплекса Мамисон незначительно варьирует в различных компонентах геологической среды. Наибольший он - для коренных пород, далее идут примитивные неполноразвитые почвы со слабой циркуляцией вод. Затем следуют донные отложения, которые в наибольшем количестве накапливают химические элементы тяжелых минералов. В донных отложениях, например, присутствует в значительных количествах сурьма, которая не отмечается в других компонентах геологической среды, а ее преобладающая форма нахождения в районе исследования - *антимонит*. Наименьший показатель потенциальной опасности имеют горно-луговые глееватые субальпийские почвы. Если сравнить водородные показатели этих и горно-луговых альпийских почв, они не очень отличаются друг от друга. К тому же горно-луговые глееватые субальпийские почвы района исследований приурочены к днищам долин, где в период паводков, которые здесь довольно часты, режим промывной.

Таким образом, геохимической фон местности задается, в основном, коренными породами. Последние, разрушаясь, накапливаются в почвах, донных отложениях и в других компонентах ландшафта. Своеобразие геохимического фона всей территории определяется составом коренных пород. При превышениях фоновых показателей относительно кларковых в коренных породах происходит накопление токсичных элементов в депонирующих средах горных ландшафтов, в том числе, в отложениях лавин, что установлено на опытном участке.

Опытно-методический участок расположен в среднем течении р.Мамисон, где зона транзита лавин пересекает юрский карбонатно-флишевый и меловой флишевый комплексы. Лавины Сатат-1,2 пересекают породы мелового комплекса. Для сопоставления взят средний состав пород зоны транзита. Сопоставив данные кларков-концентраций (Кк) по снегу

ЛКВ Сатат-1,2 и Кк пород зоны транзита (рис.6), видим почти подобные кривые. Концентрации мышьяка почти совпадают. Несколько иная картина наблюдается при сопоставлении твердой составляющей снега ЛКВ лавины Тиб с породами зоны транзита: здесь уровень накопления (по сравнению с другими ЛКВ) всех тяжелых металлов несколько заниженный. Надо отметить, что зона транзита лавины Тиб (рис.7) пересекает преимущественно юрский комплекс, породы которого, в отличие от мелового не являются легко растворимыми. Зоны транзита Сатат-1, 2 сложены преимущественно карбонатными породами и из них активно вымываются тяжелые металлы, чему немало способствуют пресные воды, которые обладают повышенной способностью выщелачивания тяжелых металлов (О.А. Алекин, 1970), особенно при многократной смене своего агрегатного состояния (С.Н. Волков, 1992). Эти процессы являются одной из причин возникновения геохимического барьера во фронтальных частях ЛКВ, которая дополняется и другими.



Обращает на себя внимание следующий факт: концентрации As во всех конусах выноса лавин (ЛКВ) примерно одинаковы. Это явление, по-видимому, связано с индифферентным отношением органических веществ к мышьяку, с одной стороны, и с его усиленной сорбцией полугорными

оксидами, с другой. Таким образом, стабилизирующее поведение мышьяка в различных средах приводит к выравниванию его концентраций как в конусах выноса лавин, так и в породах зон транзита, так и в подстилающих конуса выноса донных отложениях.

Полученный результат свидетельствует о едином источнике нахождения и сноса тяжелых металлов; а значительные превышения содержания тяжелых металлов в твердой составляющей снега ЛКВ по большинству химических элементов относительно пород зон транзита подтверждает, что конуса выноса лавин являются геохимическим барьером, который способен аккумулировать токсичные элементы. При их повышенных концентрациях в коренных породах или в почве токсичные элементы транспортируются и переотлагаются в конусах выноса лавин. Таким образом, на примере всей изучаемой площади комплекса Мамисон и сопредельных территорий, а также данных модельного участка показано, что повышенные содержания токсичных элементов в коренных породах могут обуславливать их накопление в депонирующих компонентах ландшафта, в том числе, в отложениях снежных лавин. Источником повышенных концентраций токсичных элементов в отложениях снежных лавин являются коренные породы, обогащенные этими элементами, что является одним из основных факторов природной эколого-геохимической опасности высокогорных территорий.

III. Разработаны методические рекомендации по проведению комплекса геолого-геохимических, ландшафтных и геоэкологических исследований, необходимые для достоверной оценки токсичности осваиваемых высокогорных территорий Северного Кавказа

Выше рассмотренные факторы потенциальной эколого-геохимической опасности территории комплекса Мамисон позволили разработать методические рекомендации для изучения снежных лавин как явления, ограничивающего обеспечение высокогорных рекреационных территорий собственными водными ресурсами и сельхозпродукцией с целью реализации права рекреантов на чистую окружающую природную среду. Для этого рекомендуется комплекс, включающий полевые и камеральные геолого-геохимические, ландшафтные и геоэкологические, а также аналитические исследования.

Особое внимание следует уделить предварительному этапу исследований, где необходим анализ картографических материалов и ретроспективных данных по геоэкологии, геохимии ландшафтов, геологии. Последние необходимы для составления крупномасштабной *Геологической карты района исследования* с прилегающими территориями, масштаба 1:50 000 и крупнее, с металлогенической нагрузкой. На геологическую основу выносятся опытные участки по изучению лавинных отложений, с привязкой элементарных лавиносборов к определенным комплексам горных пород, специализация которых известна. Кроме того, в зоне транзита лавин могут находиться рудные объекты, представление о размещении которых как раз

и дает *Геологическая карта*, образец такой карты представлен в главе 2 (рис.2.3).

Материалы по геоэкологии должны содержать сведения об опасных геологических процессах и дополнять данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Методы ДЗЗ позволяют выбрать участок для наземного опробования, т.к. по ряду характеристик подстилающей поверхности возможно выявление ландшафтных условий лавиносборных бассейнов. Применение современных методов космосъемки в различных спектрах и дешифрирования позволяют установить наличие аномальных геохимических участков (С.В. Колесников, Л.П. Баранова, 1986), в пределах которых затем проводится опробование коренных пород, почв и донных отложений. Однако такие сведения не всегда подтверждаются наземными заверочными работами. Надежнее использование ретроспективных данных ОГХР соответствующих масштабов (материалы по геохимии), которые должны в этом случае совмещаться с соответствующей ландшафтной основой (материалы по ландшафтоведению). Однако ретроспективные материалы далеко не всегда содержат необходимые сведения о типах почв, их стратификации и геохимических особенностях; стратификации и геохимических особенностях донных отложений; типах и классах природных вод, а также данные об их микроэлементном составе. Все эти сведения являются основой более информативной *ландшафтно-геохимической* крупномасштабной карты, которая необходима для целей изучения рекреационных территорий.

На предварительном этапе следует выполнить анализ существующей на изучаемой территории хозяйственной деятельности, которая должна быть когерентна предполагаемой рекреационной деятельности (Г.Б. Наумов, 2008). Для этого составляется крупномасштабная *Карта-схема зонирования и функционального использования земель изучаемой территории в масштабе 1:50 000* и крупнее. Такая карта составлена для территории бассейна р.Мамисон (глава 2, рис.2.4).

Весьма ответственен *этап полевых исследований*. Он состоит из 2-х блоков. При наличии аномальных геохимических участков, выделенных с применением современных методов космосъемки и стереодешифрирования, проводятся наземные заверочные геохимические исследования, включающие опробование коренных пород и рыхлых отложений. Если используются ретроспективные данные опережающих геохимических работ и объективно недостаточны плотность опробования и (или) геохимические характеристики компонентов геологической среды, то проводится их доизучение. Эти данные рекомендуется получать параллельно с ландшафтными исследованиями или совмещать с соответствующей ландшафтной основой (т.е. использовать ретроспективные материалы по ландшафтному изучению местности). На этом заканчивается 1-й блок полевых исследований. После обработки материалов составляется *Карта потенциальной эколого-геохимической опасности коренных пород, почв и донных отложений*

(ПЭГО), аналогичная составленной в главе 6 (рис.6.1). На *Карте ПЭГО* выделяются площади, относящиеся к территориям с допустимо опасным, умеренно опасным и опасным уровнями загрязнения (обогащения) токсичными элементами (градации аналогичные принятым в СанПиНе 2.1.7.1287-03 по суммарному показателю загрязнения). Карта строится путем пространственного совмещения ореолов токсичных элементов 1-3 классов опасности в трех природных средах, она оценивает эколого-геохимическое состояние компонентов природно-геологической среды всей территории.

Второй блок полевых исследований начинается с выбора на местности опытного участка (нескольких участков), что определяется геолого-геохимической сложностью и многообразием ландшафтов территории.

Критерии выбора опытных участков следующие:

- 1) наличие многолетнего хорошо выраженного на местности элементарного лавиносбора, с площадью поверхности не менее 250-300 кв.м и мощностью отложений не менее 0,5 м;
- 2) нахождение элементарного (эталонного, репрезентативного) лавиносбора в пределах участков локализации природной эколого-геохимической опасности;
- 3) нахождение зон транзита лавин в пределах тех ландшафтных условий, которые наиболее развиты на территории исследований.

После выбора и привязки участка(ов) проводятся полевые работы. Их суть заключается в опробовании отложений твердой и жидкой составляющих лавин (снежников) и подстилающих конуса выноса донных отложений. Главная особенность работ - сопряженное опробование отложений конусов выноса лавин и донных отложений или пролювиальных подстилающих конуса выноса осадков. Необходимым условием такого опробования является непосредственная близость точек отбора проб сопряженных сред. Для непосредственного опробования отложений лавин или снежников закладывается профиль по направлению основного потока массопереноса. При ширине тела снежника более 50 м закладываются дополнительные профили и по направлению и вкрест движения основного потока, чтобы охарактеризовать дополнительными точками опробования все тело снежника.

Для получения интегральной составляющей опробования всех сошедших за сезон лавин, конуса их выноса исследуются в конце периода снеготаяния. Отбор проб снега проводится в шурфах в наиболее мощной части тела лавины, кроме краевых участков шириной до 50 см, чтобы исключить попадание в пробу аутигенного материала. Опробованию подлежат только пелитовая и псаммитовая составляющие твердых фракций снежников, т.к. именно их состав наиболее приближен к усредненному составу литогенной части лавиносборов. При массе пробы снега 20 кг, как правило, масса требуемой фракции составляет не менее 100 г, что достаточно для дальнейших аналитических исследований.

При опробовании подстилающих донных отложений необходимы те же требования к гранулометрическому составу опробуемого материала, что и для ЛКВ. Завершающий блок исследований - этап обработки и интерпретации материалов - данных полевых и аналитических материалов на опытном участке с их обобщением по всей площади района. Графическим выражением последнего этапа является *Карта районирования по регламентации рекреационной деятельности* изучаемой территории.

В основу районирования положена бассейново-ландшафтная концепция природопользования, разработанная С.В.Зотовым (1992), Л.М. Корытным (1991). Районирование бассейна р.Мамисон проводилось с опорой на *критерии*, приведенные ниже:

1) наличие лавин, зоны транзита и разгрузки которых расположены в пределах зон с высоким суммарным накоплением элементов I–III классов опасности;

2) геодинамический режим выделенных бассейнов (напряженный, ненапряженный);

3) наличие лавин, зона транзита которых лежит в пределах лесных массивов и на незалесенных участках и других ландшафтных условиях;

Принципы районирования территории бассейна р.Мамисон представлены в таблице 2.

Ранг районов по степени ограничения рекреационной деятельности определяется комбинацией различных критериев и выражается на карте цветом. Цифра арабская означает конкретный бассейн, который соответствует его названию в таблице 2. Крап и штриховка означают дифференциацию по уровню ПЭО больше 8. На основе полученной карты рекомендуются следующие мероприятия:

- В пределах бассейнов с уровнем ПЭО < 8, на незалесенных участках – без ограничений (бассейны: Гибитандонский, Козыдонский, Бубудонский, Кайтамдондонский);

- В пределах бассейнов с уровнем ПЭО < 8, на залесенных лавиносборах, предусматривается контроль качества макрокомпонентного состава поверхностных вод, с целью мониторинга в период активного снеготаяния конусов выноса лавин, повышенных показателей NH_4^+ в используемой воде (Халацасский бассейн).

- В бассейнах, где имеются участки с уровнем $8 < \text{ПЭО} < 16$ необходим контроль концентрации тяжелых металлов в пределах этих участков (бассейны: Земегодонский, Верхнемамисонский, Касайкомдонский);

- В пределах бассейнов, где имеются участки с уровнем ПЭО > 16 полное ограничение использования сырья в пределах этих участков.

Таблица 2

Районирование территории по регламентации обеспечения
рекреационной деятельности

№ п/п	Название бассейна	Критерии районирования					Вид регламентации и рекомендации
		Геодинамичес- кий режим*	**Степень залесенности	ПЭО			
				ПЭО<8	8<ПЭО<16	ПЭО>16	
1.	Гибитандонский	-	-	+	-	-	Без ограничений
2.	Козыдонский	+	-	+	-	-	Без ограничений
3.	Земегондонский	-	-	+	+	-	Ограниченная регламентация в части использования сырья в пределах участков с 8<ПЭО<16
4.	Ручатдон- Бубудонский	+	-	+	-	-	Без ограничений
5.	Верхнемамисон- ский	+	-	+	+	-	Ограниченная регламентация в части использования сырья в пределах участков с 8<ПЭО<16
6.	Лагаткомский	+	-	-	+	+	Полное ограничение использования сырья в пределах участков с ПЭО>16. Ограниченная регламентация в части использования сырья в пределах участков с 8<ПЭО<16. Контроль качества микрокомпонентного состава поверхностных вод
7.	Кайтакомдонский	+	-	+	-	-	Без ограничений
8.	Касайкомдонский	+	-	+	+	-	Ограниченная регламентация в части использования сырья в пределах участков с 8<ПЭО<16
9.	Халацаский	+	+	+	-	-	Контроль качества макрокомпонентного состава поверхностных вод (NH ⁺ ₄)
10.	Куатедонско- Рецидонский	+	-	-	+	+	Полное ограничение использования сырья в пределах участков с ПЭО>16. Ограниченная регламентация в части использования сырья в пределах участков с 8<ПЭО<16. Контроль качества микрокомпонентного состава поверхностных вод
11.	Днуидонский	-	+	-	+	+	То же
12.	Адайкомский	+	-	-	+	+	То же
13.	Тиб-Царгасткий	+	-	-	+	+	То же
14.	Пусский	+	+	-	+	+	Полное ограничение использо-

-построение крупномасштабных карт: а) Карты эколого-геохимической опасности коренных пород и рыхлых отложений; б) Карты районирования территории по регламентации рекреационной деятельности.

Карта районирования представляет собой интегральное графическое воплощение итога исследований, - с выделением участков различного уровня опасности и регламентацией в их пределах рекреационной деятельности с целью обеспечения конституционного права рекреантов (Закон об охране окружающей среды №7-ФЗ 10.01.2002 с изменениями и дополнениями 09.05.2005 №45-ФЗ) на их экологическую безопасность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили получить следующие результаты:

1. Выявлены основные факторы потенциальной эколого-геохимической опасности территории высокогорного рекреационного комплекса Мамисон. Установлено, что основным фактором эколого-геохимической опасности являются снежные лавины как сложная эколого-геохимическая миграционная система неравномерного обогащения природной среды токсичными элементами и, прежде всего, такими как аммоний, марганец, кобальт, никель, медь, свинец, кадмий.

2. Оценка и сопоставление потенциальной эколого-геохимической опасности основных компонентов природных ландшафтов рекреационного комплекса Мамисон позволили указать источник загрязнения тяжелыми металлами и другими токсичными элементами депонирующих сред, в том числе отложений лавин. Было установлено, что основным источником являются коренные породы, обогащенные этими элементами, что представляет собой важнейший фактор эколого-геохимической опасности высокогорного рекреационного комплекса Мамисон.

3. Лавинные конуса выноса являются непосредственным источником обогащения токсичными элементами природной среды за счет накопления в них соединений токсичных элементов, захваченных в зонах транзита лавин и частично преобразованных.

4. Причины накопления токсичных элементов в отложениях лавин следующие: механическая миграция тяжелых металлов, увеличение их подвижности за счет изменений агрегатного состояния вмещающей среды (метаморфоз снега) и сорбции на пелитовых частицах литогенной составляющей отложений лавин.

Преобразования заключаются в изменениях как структурных, так и биохимических. Первые происходят в результате диспергирования захваченных частиц при движении лавины, в результате чего происходит увеличение их сорбирующей взаимодействующей поверхности. Вторые касаются биохимических изменений, которые происходят при разложении органических веществ с выделением значительных количеств аммония и

возможно других соединений. Дальнейшее изучение этих механизмов может стать инструментом прогнозирования и самого явления - лавинообразования.

5. Для оценки потенциальной токсичности осваиваемых высокогорных территорий Северного Кавказа разработаны *методические рекомендации*, в основе которых - изучение и оценка факторов природной потенциальной эколого-геохимической опасности высокогорных территорий. Результаты исследований отображаются на картах (Карта потенциальной экологической опасности коренных пород и рыхлых отложений и Карта районирования территории высокогорного рекреационного комплекса Мамисон по регламентации рекреационной деятельности). Итоговой картой является Карта районирования территории высокогорного рекреационного комплекса Мамисон. Разработаны критерии и принципы ее построения. На основе районирования территории разработана регламентация хозяйственной деятельности для территории высокогорного рекреационного комплекса Мамисон, которая предусматривает специальные мероприятия по эколого-геохимическому контролю окружающей среды для своевременного прогноза экологического состояния рекреационных территорий.

Работы автора, опубликованные по теме диссертации

1. Грибанова Л.П., **Вдовина О.К.**, Конышева О.В., Высокинская Р.В. Оценка экологического состояния карьеров стройматериалов Московской области // Материалы международной научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленных регионов». Екатеринбург, 2003. С.194-195.
2. Грибанова Л.П., **Вдовина О.К.**, Высокинская Р.В. Опыт ведения геоэкологических работ при изучении полигонов твердых бытовых и промышленных отходов (на примере Московского региона) // Материалы международной научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленных регионов». Екатеринбург, 2004. С.401.
3. **Вдовина О.К.**, Юсупова И.К. Оценка состояния проблемы нормативно-методического обеспечения использования территорий с активным развитием опасных экзогенных геологических процессов при инженерно-строительных изысканиях // Материалы Межрегиональной научно-практической конференции «Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий». Пермь. 2005. С.4-7.
4. **Вдовина О.К.**, Миронов Н.А. Системный подход к прогнозу селеобразования // Материалы Всероссийской конференции по селям. Нальчик, 2005. С.46-48.
5. Спиридонов И.Г., Волков С.Н., **Вдовина О.К.** Черноморское побережье России: экономическое развитие курортов и нормативно-

- правовые ограничения использования территории как объекта недвижимости // Материалы III Межрегиональной научно-практической конференции Актуальные вопросы курортного сервиса юга России. Сочи, 2005. С.49-52.
6. **Вдовина О.К.**, Волков С.Н., Спиридонов И.Г. Техногенно-иницированные сели как следствие бессистемной урбанизации горных водосборов Черноморского побережья России // Материалы Всероссийской конференции по селям. Нальчик, 2005. С.132–134.
 7. Познанин В.Л., **Вдовина О.К.** Геоструктурные принципы исследования инженерно-геологических условий активизации опасных геологических процессов // Ж-л «Разведка и охрана недр». № 9-10, 2006. С. 139-142.
 8. Познанин В. Л., **Вдовина О.К.** Проблемы изучения селей и инженерной защиты территорий // «Инженерная геология», май, 2006. С.42-47.
 9. **Вдовина О.К.** Влияние активизации микробиоты на развитие негативных и опасных геологических процессов при рекультивации полигонов бытовых отходов и прилегающих земель // «Вестник Татарстанского отделения РЭА-Казань, 2006. С.45.
 10. Познанин В.Л., **Вдовина О.К.**, Миронов Н.А. Теоретические основания пространственной дифференциации геологической среды для построения моделей экзогенных геологических процессов // Ж-л «Инженерная геология», май, 2006. С. 17-22.
 11. **Вдовина О.К.**, Нетребко С.А., Юсупова И.К. Оптимизация природопользования территорий развития опасных геологических процессов // Материалы Седьмой Всероссийской научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленных регионов», Екатеринбург, 2006. С.41-42.
 12. **Вдовина О.К.** Оценка специфических факторов эколого-геологического риска при освоении территорий // Бюлл. МОИП, отд. геол., вып. 3, май-июнь, 2008. С.68-72.
 13. **Вдовина О.К.** Оценка потенциальной эколого-геохимической опасности высокогорных территорий, связанная с геохимическими аномальными полями // Сб. докладов 2-й Международной конференции «Геоэкологические проблемы современности», Владимир, 2008. С.105.
 14. Spiridonov I., **Vdovina O.** Volkov S. Avalanche as ecological and geochemical phenomenon // 33rd International Geological Congress, 06-14 August 2008, Oslo.
 15. **Вдовина О.К.** Возможности применения математической модели риска для оценки геоэкологического состояния территорий // «Геоинформатика», №4, 2008. С.45-52
 16. **Вдовина О.К.** Волков С.Н. Специфика геоэкологической оценки высокогорных рекреационных территорий // Материалы Международ-

ной конференции «Технико-технологическое обеспечение геолого-разведочных работ. Проблемы и перспективы», проводимой агентством РОСНЕДРА в рамках 5-й Международной выставки «Недра-2008», Москва, 2008. С.55.

Подписано к печати 17 декабря 2008 г.
Формат 60×90 1/16. Уч.-изд. 1 л.
Тираж 100. Заказ 7–08.

Полиграфическая база ИМГРЭ